

EFFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN SORGO (Sorghum bicolor L.

(Moench)) Y SU OPTIMIZACION ECONOMICA

Por :

ALVARO AUGUSTO MAYA CORONADO

TESIS DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TITULO DE :

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis

MANUEL GRANADOS N. I.A. M.Sc.

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL MAGDALENA

"GABRIEL GARCIA MARQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA

SANTA MARTA

1983



Tes.

~~439-I.A.~~

~~M4662~~

IA 00169

12392

"Los Jurados examinadores del Trabajo de Tesis, no serán responsables de los conceptos e ideas emitidas por el aspirante al Título".

CONTENIDO

CAPITULO	PAGINA
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
III. MATERIALES Y METODOS	7
3.1. Descripción del Area	7
3.1.1. Localización del Ensayo	7
3.1.2. Características Generales del Area	7
3.2. Desarrollo del Ensayo	7
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	11
V. CONCLUSIONES	30
VI. RESUMEN	<u>31</u>
SUMMARY	33
VII. BIBLIOGRAFIA	34
VIII. APENDICE	36

INDICE DE CUADROS

	PAGINA
CUADRO 1. PRODUCCION DEL GRANO DE SORGO EN Kg POR PARCELAS DE 14,4 M ²	14
CUADRO 2. PRODUCCION DEL GRANO DE SORGO, EN Kg/Ha	15
CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA PRELIMINAR	16
CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA COMPLETO	17
CUADRO 5. COMPARACION NO ORTOGONAL DE LOS TRATA- MIENTOS.	18

INDICE DE FIGURAS

PAGINA

FIGURA 1.	RELACION ENTRE DOSIS DE NITROGENO Y LA PRODUCCION.	19
FIGURA 2.	DOSIS DE NITROGENO, CON LA CUAL SE OBTUVO EL MAYOR RENDIMIENTO DE GRANO EN Kg/Ha.	20
FIGURA 3.	ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO DE SORGO, ANTES DE COSECHAR.	21
FIGURA 4.	DOSIS DE NITROGENO (N.O-Kg/Ha), BLOQUE I	22
FIGURA 5.	DOSIS DE NITROGENO (N 90 - Kg/Ha), BLOQUE I.	23
FIGURA 6.	DOSIS DE NITROGENO (N.O-Kg/Ha), BLOQUE II	24
FIGURA 7.	DOSIS DE NITROGENO (N 135-Kg/Ha), BLOQUE II.	25
FIGURA 8.	DOSIS DE NITROGENO (N.O-Kg/Ha), BLOQUE III.	



FIGURA 9. DOSIS DE NITROGENO (N 45-Kg/Ha), BLOQUE

III.

27

FIGURA 10. DOSIS DE NITROGENO (N.O-Kg/Ha), BLOQUE

IV

28

FIGURA 11. DOSIS DE NITROGENO (N 45-Kg/Ha), BLOQUE

IV.

29

DEDICO A :

MI MADRE, por el esfuerzo y apoyo brindados durante mis estudios y por el ánimo infundado para llevarme hasta mi meta soñada.

SILVIA y a MIS HIJOS JAHIR MARIDENA y ALVARO JOSE, quienes estarán orgullosos por el peldaño que he alcanzado.

Mis Hermanos : MADEIRA y JOHN JAIRO.

Mis tíos : HUGUES, MANUEL y ORLANDO

Mis Primos

Mis Amigos y demás Amistades

Mis Compañeros y Profesores.

El Autor

AGRADECIMIENTOS

El Autor expresa sus agradecimientos a :

MANUEL GRANADOS N. I.A. M.Sc.

ELIECER CANCHANO N. I.A.

LEONARDO DELGADO V. I.A. M.Sc.

CARMELO MORELLY

LEONARDO FREYLE Q. I.A.

LUZ MARINA OROZCO DE YANES

LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL MAGDALENA
"Gabriel García Márquez"

El Autor

I INTRODUCCION

El Sorgo (Sorghum bicolor L. Moench), es una planta sin duda alguna la gran solución en la creciente necesidad de materias primas para la fabricación de concentrados para la alimentación animal, industria que ha crecido a gran ritmo durante la última década, convirtiendo este cereal en el tercer cultivo más importante de las zonas cálidas tractorables de Colombia; siendo además una gran alternativa en la rotación de los cultivos ya tradicionales, el algodón y el arroz.

Cuenta también con un mercadeo más o menos aceptable y seguro que hace al cultivo económicamente rentable. Su facilidad de mecanización y la forma rápida como se realiza la siembra son quizás algunos de sus principales ventajas. Es un cultivo que se adapta bien a zonas comprendidas entre 0-1.500 metros sobre el nivel del mar.

La fertilización es parte vital de una buena producción, pero sucede que muchas veces se utilizan niveles de un nutrimento a las cuales ya no responde el cultivo, es decir, se está sobreutilizando el fertilizante, con la consecuente pérdida económica, o se utilizan dosis en menor cantidad a la que responde el cultivo optimamente.

Teniendo en cuenta las razones anteriores, este ensayo se hizo con el propósito de obtener un modelo matemático que permita calcular la optimización económica de la fertilización nitrogenada en sorgo de grano, siguiendo los objetivos que a continuación se enuncian :



1. Determinar la producción del grano con relación a la fertilización.
2. Conocer el óptimo físico de la producción.
3. Determinar el óptimo económico del objetivo anterior.

II REVISION DE LITERATURA

El Sorgo se adapta a una gran variedad de suelos, y por tener un extenso sistema radicular es capaz de satisfacer sus necesidades de agua y nutrientes. El sorgo se siembra generalmente en surcos a distancias que varían entre 50 a 90 cm (17).

De otra parte Kornerup (17), anota que el mejor desarrollo del sorgo se obtiene a una temperatura de 26°C, pero se puede cultivar hasta una mínima de 16°C. A temperaturas más bajas no es económico sembrarlas ya que el período vegetativo es mayor y la productividad disminuye notablemente.

Cepeda, (5) asegura que el sorgo es una planta bastante resistente a la sequía, necesita lluvias en la época de germinación y en la formación de grano, por lo cual se le ha llamado el cultivo "Camello".

Belalcazar, (2) sostiene que el sorgo al igual que otras plantas cultiva-das, es afectado por una gama de enfermedades de naturaleza biótica y/o a-biótica, que bajan la producción y demeritan su calidad. Estas junto con los insectos y malezas son los tres grandes riesgos que afectan este cultivo.

Cassalet y Otros, (4) dicen : "Que en Colombia, según investigaciones del ICA, el sorgo ha respondido espectacularmente a las aplicaciones de nitró-geno, especialmente en la Costa Atlántica, Tolima y Huila. Las dosis va-rían normalmente de 100 a 150 Kg/ha de nitrógeno, según el análisis de sue

II REVISION DE LITERATURA

El Sorgo se adapta a una gran variedad de suelos, y por tener un extenso sistema radicular es capaz de satisfacer sus necesidades de agua y nutrientes. El sorgo se siembra generalmente en surcos a distancias que varían entre 50 a 90 cm (17).

De otra parte Kornerup (17), anota que el mejor desarrollo del sorgo se obtiene a una temperatura de 26°C, pero se puede cultivar hasta una mínima de 16°C. A temperaturas más bajas no es económico sembrarlas ya que el período vegetativo es mayor y la productividad disminuye notablemente.

Cepeda, (5) asegura que el sorgo es una planta bastante resistente a la sequía, necesita lluvias en la época de germinación y en la formación de grano, por lo cual se le ha llamado el cultivo "Camello".

Belalcazar, (2) sostiene que el sorgo al igual que otras plantas cultivadas, es afectado por una gama de enfermedades de naturaleza biótica y/o abiótica, que bajan la producción y demeritan su calidad. Estas junto con los insectos y malezas son los tres grandes riesgos que afectan este cultivo.

Cassalet y Otros, (4) dicen : "Que en Colombia, según investigaciones del ICA, el sorgo ha respondido espectacularmente a las aplicaciones de nitrógeno, especialmente en la Costa Atlántica, Tolima y Huila. Las dosis varían normalmente de 100 a 150 Kg/ha de nitrógeno, según el análisis de suelo.

lo efectuado, aplicando la mitad al momento de la siembra y la otra mitad a los 25 - 35 días después de la germinación.

Barol, (1) informa que el sorgo admite fuertes dosis de abono nitrogenado sin encamarse y que tanto el nitrógeno como el fósforo en cantidades equilibradas, parecen ser los elementos más provechosos ya que su ausencia se manifiesta en bajo rendimiento de grano.

Cooke, (8) opina que según investigaciones efectuadas en Barinas (Venezuela), los mayores beneficios se consiguieron con aplicaciones de 100 Kg/Ha de nitrógeno, 75 Kg/Ha de $P(P_2O_5)$, 25 Kg/Ha de $K(K_2O)$, 25 Kg/Ha de Azufre (SO_4), además dice que en suelos tropicales son pocos los estudios realizados sobre fertilización en sorgo lo cual varía de región a región.

Zelaya y Barea, (25) en Nicaragua realizaron un trabajo sobre optimización económica de la fertilización nitrogenada en sorgo forrajero (Sorghum vulgare Pers), utilizando 5 niveles de nitrógeno divididos en tres partes y encontraron que el nivel que dió mejor respuesta fue el de 291 Kg de nitrógeno, aplicando 97 Kg en cada corte.

Gómez, (10) comenta que si únicamente se cosecha la panoja y se reincorpora al suelo el resto de la planta, se reintegraría el 25% del total del nitrógeno, el 3% de fósforo y el 26% de potasio extraído en una cosecha.

La mayor absorción de nitrógeno al igual que de potasio y fósforo ocurre durante los 35 a 42 días y durante los 70 a 90 días. Por tanto es necesario

rio proveer al suelo de esos nutrientes en forma asimilable previamente y durante esos períodos de absorción rápida (19).

✓ La aplicación de nitrógeno puede utilizarse como un corrector del desarrollo vegetativo, para equilibrar la floración entre los progenitores y lograr mayor coincidencia floral. El uso de fuertes dosis de nitrógeno prolonga el período vegetativo y retrasa la floración (14).

Jiménez, (15) asegura que no se encontró una respuesta favorable del sorgo utilizando los niveles de 0,75 y 150 Kg de nitrógeno/Ha, atribuyéndolo al elevado contenido de nitrógeno en el suelo. En general las recomendaciones de fertilización nitrogenada varían en los diferentes trabajos dependiendo de las condiciones específicas en que se llevaron a cabo los ensayos.

✕ El sorgo crece bien en todos los tipos de suelos, pero lo hace mejor en aquellos que han sido bien preparados para siembra y que poseen una alta fertilidad. En muchos suelos se obtienen altos rendimientos de sorgo sin la adición de fertilizantes; sin embargo, en la zona que presentan deficiencia en algún elemento, es necesario corregirla (18).

Ilgin, (14) estudió la interacción entre diferentes niveles de nitrógeno y cantidades iguales de fósforo, potasio y microelementos en sorgo. Encontró que la combinación de 250 Kilogramos de nitrógeno con los demás elementos, produjo un incremento de 19 veces sobre el rendimiento del testigo.

En cuanto a la forma de aplicar el fertilizante, Walton y Holt (24) recomiendan ubicarlo debajo de las semillas para que las plantas puedan utilizarlos con mayor eficiencia.

El Ministerio de Agricultura a través de sus encuestas nacionales realizadas y presentadas por el OPSA en 1982, nos suministra todos los datos de costos de producción, involucran semillas, fertilizantes, mano de obra (aplicación), maquinarias, densidades de siembras, rendimientos Kg/Ha, pesticidas, etc. Estos costos sobre pasan los \$18.000/Ha y el rendimiento del cultivo de sorgo de grano está en un promedio de 1932,9 Kg/Ha, esto hace pensar que hay un promedio del 50% de las ganancias esperadas (6).

El Ministerio de Agricultura por medio de su oficina de planeación del sector agropecuario (OPSA), Unidad de Estadística, informa cada año los costos de los productos agrícolas en la que el gobierno está interesado : en el anuario citado se halla una información detallada sobre los costos de producción del sorgo desde 1974 hasta 1980, lo que hace referencia de la variabilidad de los costos de producción anualmente y lo relaciona con los intereses que cada vez son mayores, por lo que trata de optimizar el beneficio por Ha a partir de los precios de sustentación y de los niveles óptimos o ideales nacionales de producción por Ha (7).

III MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del Area.

3.1.1. Localización del Ensayo.

El presente ensayo se llevó a cabo en la finca Cyruma, ubicada en el municipio de Valledupar, Departamento del Cesar, situada al N.O. de Colombia, con una posición astronómica de $10^{\circ} 23'$ latitud norte y $73^{\circ} 10'$ longitud oeste.

3.1.2. Características Generales del Area.

La zona de experimentación presenta una altura de 160 m.s.n.m., su precipitación promedio es de 1.150 mm anuales, con una temperatura promedio de 30°C y una humedad relativa entre 74 - 76%.

La región se encuentra influenciada por los fuertes vientos alisios que soplan durante los meses comprendidos de diciembre a marzo, con gran intensidad.

El suelo presenta una textura franco arcillo-arenosa, estructura granular, color gris parduzco, topografía plana, materia orgánica 0,10%, fósforo 15 ppm, potasio 0,52 meq/100 grs de suelo, pH de 6,9, por tanto se considera como bajo en nitrógeno, pobre en fósforo y alto en potasio.

3.2. Desarrollo del Ensayo.

El diseño utilizado fue el de bloques al azar, con 4 repeticiones, donde

se probaron cinco niveles de nitrógeno (0-45-90-135-180) Kg/Ha en forma de urea.

A todos los tratamientos con excepción del testigo se le aplicó el equivalente a 150 Kilogramos por hectárea de 10-30-10, al momento de la siembra.

La urea se aplicó en dos partes, la primera a los 20 días de germinado el cultivo; y la segunda parte cuando el cultivo tenía 40 días de germinado.

El tamaño de las parcelas fue de seis metros de largo por 2,40 metros de ancho, cada parcela estaba separada una de la otra a dos metros, con un área cultivada de 288 metros cuadrados, la superficie total efectiva, del ensayo, fue de 600 metros cuadrados.

La semilla utilizada fue Prosemillas I. Para proceder a la siembra inicialmente se preparó el terreno de acuerdo a las labores convencionales de la región (una arada, 3 rastrilladas y una nivelada). La siembra se hizo a chuzo a una distancia de 0,60 metros entre surcos y 0,10 metros entre plantas, cada parcela tenía cuatro surcos.

Para el control de malezas se utilizó el pre-emergente Triazol en dosis de 2,5 litros por hectárea.

El ensayo se inició el 19 de marzo y finalizó el 16 de julio de 1983.

Al comienzo del experimento se realizaron varios riegos, pero luego de

seis semanas fueron suspendidos por presentarse un período de lluvias bastante regular, el cual favoreció en alto grado las condiciones del experimento.

Durante el transcurso del cultivo se presentaron ataques de plagas típicas de esta región, tales como :

Cogollero	<u>Spodoptera frugiperda</u> (Smith)
Heliothis	<u>Heliothis zea</u> (Boddie)
Gusano Telarañero	<u>Celama sorghiella</u> (Smith)

Debido a la alta incidencia de estas plagas, hubo la necesidad de hacer varias aplicaciones de los insecticidas Fosforados y Piretroides (Lorsban y Sherpa) en dosis de un litro por hectárea y 400 centímetros cúbicos por hectárea, las cuales fueron controladas oportunamente.

Durante el período de desarrollo del cultivo se presentó la enfermedad conocida como antracnosis, causada por el hongo Colletotrichum graminicola, (Cesati) G.W. Wilson donde se hicieron 3 aplicaciones de Dithane M-45 así:

La primera aplicación, antes de la floración, cuando se detectaron los primeros síntomas sobre las hojas.

La segunda aplicación, cuando se tuvo una completa floración.

La tercera aplicación, cuando terminó la fecundación y comenzaba el esta-

do lechoso del grano.

En el transcurso del ensayo se tuvo en cuenta el siguiente parámetro :

La producción en Kilogramos por hectárea, donde se cosecharon los surcos de cada parcela, y para los cálculos se tomó el área efectiva de cada una de esta.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en la presente investigación son los siguientes :

Según los datos que presenta el Cuadro 1, podemos observar que el rendimiento del grano muestra una respuesta creciente a la aplicación de nitrógeno, alcanzando el valor máximo con el nivel de 90 Kilogramos por hectárea (7,625 kilogramos por parcela). Con el nivel de 135 y 180 kilogramos por hectárea, se notan que disminuyen sus rendimientos (5,875 Kilogramos por parcela).

Con los resultados de esta investigación se configura claramente, la ley de los rendimientos decreciente, propuesta por Mitscherlich (23), que se expresa así : "Cuando se aportan al suelo dosis crecientes de un elemento fertilizante, los aumentos del rendimiento obtenido son cada vez menores, a medida que las cantidades aportadas se eleven".

Del Cuadro 1, se desarrolló por medio de mínimos cuadrados, la función de producción $Y = 5,39167 + 0,03771X - 0,00020458X^2$ en la que X es igual a la variable nitrógeno. De esta función de producción, se determinó el óptimo económico y el óptimo físico, obteniendo 83 Kilogramos/hectárea y 92,16 Kilogramos/hectárea respectivamente.

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza preliminar y resultó altamente significativa los tratamientos de nitrógeno (4545), y al hacer la comparación no ortogonal entre los tratamientos como



aparece en el Cuadro 5, el tratamiento 2 o sea el de 90 Kilogramos por hectárea de nitrógeno, resultó ser el único, altamente significativo.

En el Cuadro 4, se presenta el análisis de varianza completo o final y en él, se observa que solo la función cuadrática es altamente significativa, mientras que las funciones lineales y cuártica no son significativa. Esto nos demuestra, que la función cuadrática desarrollada en este estudio ($Y = 5,39167 + 0,03771 N - 0,00020458 N^2$) es la más adecuada.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los niveles de nitrógeno determinaron diferencias altamente significativa en el rendimiento de grano, durante todo el ensayo, verificando así lo encontrado en otras investigaciones (3,9,11).

Durante el ensayo el mayor rendimiento de grano se obtuvo al aplicar 90 Kilogramos de nitrógeno por hectárea.

Resultado similar se obtuvo al estimar la dosis que produciría el rendimiento máximo esperado, por medio de la función de producción ($Y = a + bX + cX^2$). (12).

Esta situación ha sido afrontada por otros investigadores (13,20), los cuales sugieren que, a pesar de los rendimientos máximos obtenidos con niveles altos de nitrógeno, es más práctico y más económico aplicar niveles más bajos, (aproximadamente 90 Kilogramos/hectárea de nitrógeno).

Por otra parte, estos resultados nos señalan la necesidad de aplicar diferentes niveles de nitrógeno, en función de las variaciones climáticas que se presentan durante el período vegetativo del cultivo.

La diferencia entre el nivel óptimo físico y óptimo económico, se debe a la relación directa que tienen con el rendimiento, puesto que si este aumenta hay opción a elevar dichos niveles.

Así mismo, si el precio del grano aumenta, o el precio del fertilizante disminuye, también, se pueden elevar dichos niveles.

Por el contrario, si el precio del producto disminuye o el precio del fertilizante aumenta, el nivel óptimo descenderá para que se pueda alcanzar un beneficio máximo.

Además, si otros factores de producción son operados con mayor eficiencia, de tal manera que se logre aumentar el rendimiento es posible elevar el nivel óptimo del fertilizante aplicado (22).

CUADRO 1. PRODUCCION DEL GRANO DE SORGO EN KILOGRAMOS POR PARCELAS DE
14,4 METROS CUADRADOS.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Y
	I	II	III	IV		
0	4,0	6,0	5,5	5,5	21,0	5,250
45	6,5	7,5	6,5	7,0	27,5	6,875
90	8,5	8,0	7,0	7,0	30,5	7,625
135	5,5	6,0	7,0	5,0	23,5	5,875
180	6,0	6,5	6,5	4,5	23,5	5,875
Total	30,5	34,0	32,5	29,0	126,0	

CUADRO 2. PRODUCCION DEL GRANO DE SORGO, EN KILOGRAMOS POR HECTAREA.

Tratamiento	Repeticiones				Total	Y
	I	II	III	IV		
0	2777,7	4166,6	3819,4	3819,4	14583,1	3645,7
45	4513,8	5208,3	4513,8	4861,1	19097,0	4774,2
90	5902,7	5555,5	4861,1	4861,1	21180,4	5295,1
135	3819,4	4166,6	4861,1	3472,2	16319,3	4079,8
180	4166,6	4513,8	4513,8	3125,0	16319,2	4079,8
Total	21180,2	23610,8	22569,2	20138,8	87499,9	

CUADRO 3. ANALISIS DE VARIANZA PRELIMINAR.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F. Cal.	F. 0,05 Tab.	F. 0,01 Tab.
Bloques	3	2,9	0,966	1,75		
Trat.	4	14,2	3,55	6,4545**	3,26	5,41
Error	12	6,6	0,55			
Total	19	23,7				

** = Altamente Significativo

Trat. = Tratamiento

Cal. = Calculada

Tab. = Tabulada

CUADRO 4. ANALISIS DE VARIANZA COMPLETO.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	Cuadrado Medio	F. Cal.	F. 0,05 Tab.	F. 0,01 Tab.
Repet.	3	2,90	0,966	1,75		
Trat.	4	14,20				
F. Lineal	1	0,025	0,025	0,0454NS	4,75	9,33
F. Cuadrática	1	9,446	9,446	17,174**		
F. Cúbica	1	2,756	2,756	5,010*		
F. Cuarta	1	1,973	1,973	3,587NS		
Error	12	6,60	0,55			
Total	19	23,7				

F.L. = Función Lineal

** = Altamente Significativo

F.C. = Función Cuadrática

* = Significativo

F.C. = Función Cúbica

NS = No Significativo

F.C. = Función Cuarta

CUADRO 5. COMPARACION NO ORTOGONAL DE LOS TRATAMIENTOS.

	T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	Q	$r \text{ ci}^2$	$Q^2/r \text{ ci}^2$
Tratamiento	21	27,5	30,5	23,5	23,5			
0 Vs 1	-1	+1	0	0	0	6,5	$4 \times 2 = 8$	5,2812*
0 Vs 2	-1	0	+1	0	0	9,5	$4 \times 2 = 8$	11,2812**
0 Vs 3	-1	0	0	+1	0	2,5	$4 \times 2 = 8$	0,7812 N.S.
1 Vs 2	0	-1	+1	0	0	3,0	$4 \times 2 = 8$	1,125 N.S.
2 Vs 3	0	0	-1	+1	0	7,0	$4 \times 2 = 8$	6,125*
1 Vs 3	0	-1	0	+1	0	4,0	$4 \times 2 = 8$	2,000 N.S.
2 Vs Resto	+1	+1	-4	+1	+1	26,5	$4 \times 20 = 80$	8,77*

* Significativo

** Altamente Significativo

N.S. No Significativo

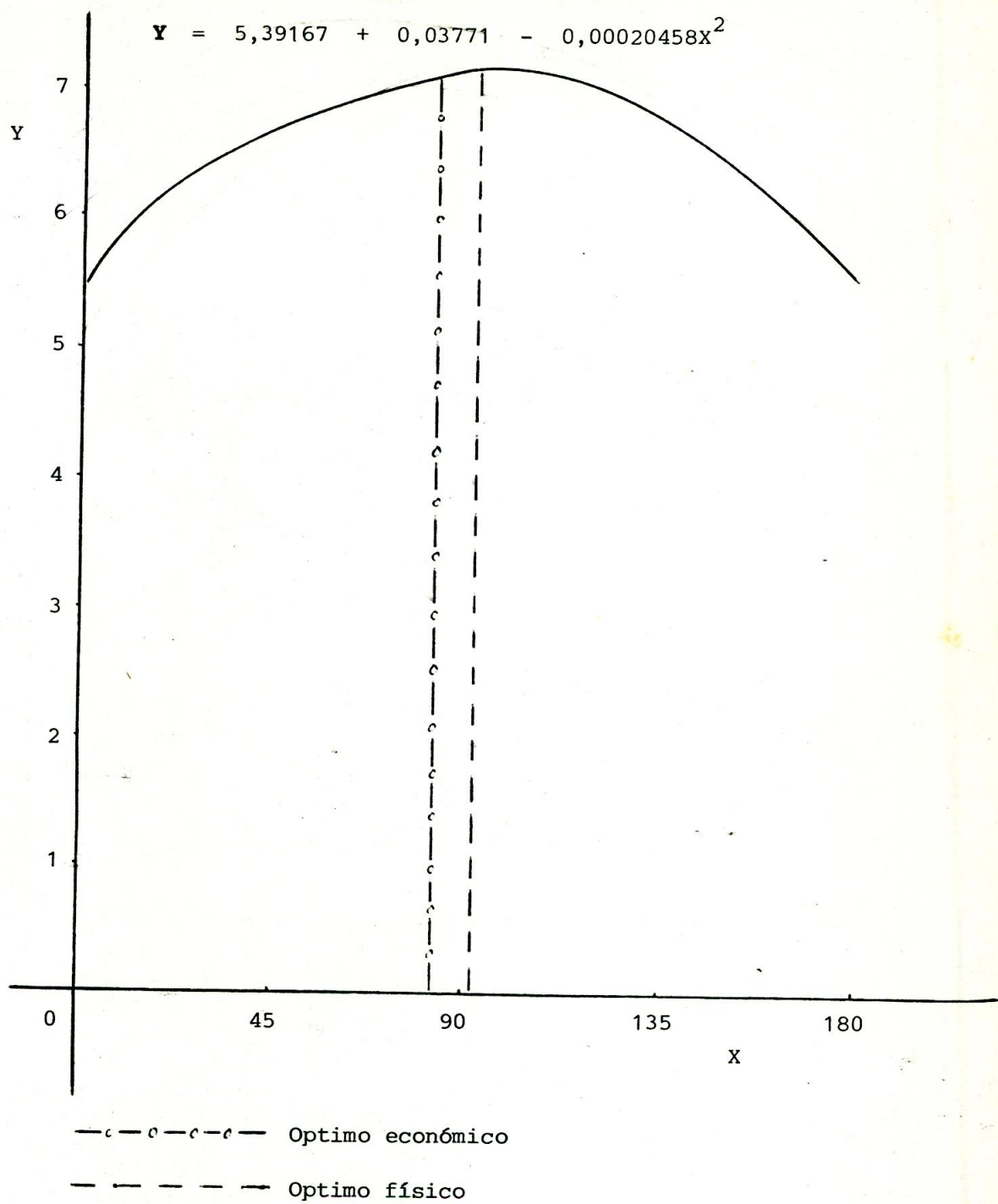


FIGURA 1. RELACION ENTRE DOSIS DE NITROGENO Y LA PRODUCCION.

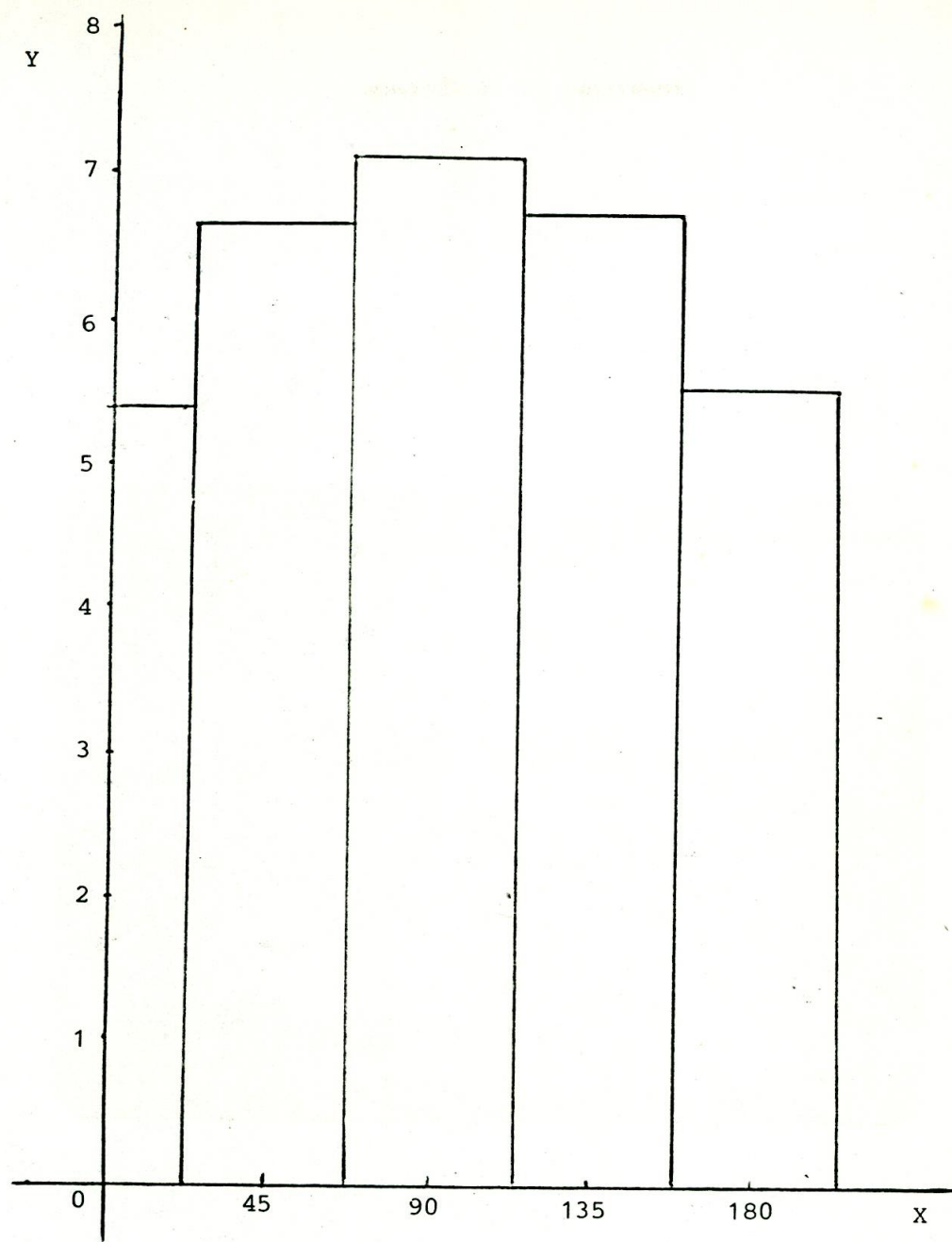


FIGURA 2. DOSIS DE NITROGENO, CON LA CUAL SE OBTUVO EL MAYOR RENDIMIEN-
TO DE GRANO EN Kg/Ha.



FIGURA 3. ASPECTOS GENERALES DEL CULTIVO DE SORGO, ANTES DE COSECHAR.





FIGURA 4. DOSIS DE NITROGENO (No - Kg/Ha), BLOQUE I.



FIGURA 5. DOSIS DE NITROGENO (N 90 - Kg/Ha), BLOQUE I.



FIGURA 6. DOSIS DE NITROGENO (NO - Kg/Ha), BLOQUE II.





FIGURA 7. DOSIS DE NITROGENO (N_{135} - Kg/Ha), BLOQUE II.



FIGURA 8. DOSIS DE NITRÓGENO (NO - Kg/Ha), BLOQUE III.



FIGURA 9. DOSIS DE NITROGENO (N_{45} - Kg/Ha), BLOQUE III.



FIGURA 10. DOSIS DE NITROGENO (NO - Kg/Ha), BLOQUE IV.



FIGURA 11. DOSIS DE NITROGENO (N_{45} - Kg/Ha), BLOQUE IV.

CONCLUSIONES

1. Los niveles de nitrógeno determinaron diferencias altamente significativas en los rendimientos de grano durante todo el ensayo.
2. El nivel de nitrógeno que permitió obtener el mayor rendimiento de grano, durante todo el ensayo fue de 90 Kilogramos por hectárea, dosis que puede emplearse para futuras siembras de sorgo en dicha zona, más 150 Kilogramos por hectárea de 10-30-10.
3. Los niveles con que se obtendría el óptimo físico y el óptimo económico esperado son 92,16 y 83 Kilogramos por hectárea, respectivamente.
4. La dosis de nitrógeno se puede distribuir en dos partes, teniendo en cuenta, los factores ecológicos que afectan el desarrollo del cultivo, y su ciclo vegetativo.

VI RESUMEN

El presente estudio se realizó con el fin de determinar la producción del grano con relación a la fertilización, conocer el óptimo físico y el óptimo económico de la producción.

El ensayo se realizó con sorgo de grano, (Sorghum bicolor L. Moench), durante los meses de marzo a julio de 1983 en la finca Cyruma, ubicada en el municipio de Valledupar, departamento del Cesar al N.O. de Colombia, a una altura de 160 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 30 grados centígrados, una humedad relativa comprendida entre 74 y 76% y una precipitación de 1.150 mm anuales.

El diseño utilizado fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones, donde se aplicaron cinco niveles de nitrógeno 0, 45, 90, 135 y 180 Kilo - gramos por hectárea en forma de urea, divididos en dos partes, una a los 20 días de germinado y la otra a los 40 días de germinado.

A todos los tratamientos con excepción del testigo se le aplicó el equivalente de 150 Kilogramos por hectárea de 10-30-10 al momento de la siembra.

Para evaluar los resultados efectuados se pudo comprobar que el nivel que dió mejor rendimiento fue el de 90 Kilogramos por hectárea, el nivel óptimo físico y el nivel óptimo económico fue de 92,16 y 83 Kilogramos por hectárea.

El análisis de varianza mostró diferencia altamente significativa entre las replicaciones y los niveles de nitrógeno.

SUMMARY

This study it was made to determine boill's production to be engaged to fertilization, know the physical best and the economic best of the production.

The experiment was made with sorghum grain, (Sorghum bicolor L. Moench), during the months of the march to july 1983 in the Cyruma farm situated in the Valledupar city Cesar's departament at N.W. of Colombia, your neight are 160 m.s.n.m. with temperature of 30 degree C and the dampnes betwee 74 and 76% and a precipitation of 1.150 mm during the year.

The pattern used was block with 4 equal, where was aplique 5 level of nitrogen 0, 45, 90, 135 and 180 Kilograms for hectare in form of urea, civilded in two parts, one part germinated to 20 days and the other germinated to 40 days.

All treatment with exeption of the witness it was aplique equal to 150 kilograms for hectare of 10-30-10 when we are planted.

We maked a avaluation about of the resultant and the verification than the best level gived was of the 90 kilograms for hectare, the best level physical and the best economic was of 92,16 and 83 kilograms for hectare.

The analysis of varlety show us difference between the similar and the levels of nitrogen.

BIBLIOGRAFIA

1. BAROL, L. Manual de tierras fertilizantes. Barcelona, Aedos, 1963. 228p.
2. BELALCAZAR, S. El cultivo del sorgo. Bogotá, ICA, 1978. pp121-130.
3. BURLESON, C.A. Effect of nitrogen fertilization on yield and protein content of grain sorghum in the lower Rio Grande Valley of Texas. Agronomy Journal, 1956. pp 296-301.
4. CASSALET, C. y SANCHEZ, R. Cultivo del sorgo. Rev, ICA, Medellín, (20): 1-24, Dic, 1981.
5. CEPEDA, R. Conferencias sobre importancia del cultivo del sorgo en Colombia. Bogotá, ICA, 1974. 20p.
6. COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Resultados de la encuesta nacional semestral de rendimientos, Costos y precios al productor. Cosecha 1982. Bogotá, El Ministerio, 1982. 58p.
7. ----- Cifras del sector agropecuario, 1980. Bogotá, El ministerio, 1981. pp 65-71.
8. COOKE, W. Fertilizantes y sus usos. 2a ed. México, s.e, 1965. 180p.
9. FERNANDEZ, F. Ensayo de niveles de nitrógeno. San José, Universidad de Costa Rica. Estación Experimental. Fabio Baudrit M., 1963. 4p.
10. GOMEZ, H. Curso de sorgo. Santa Marta, Universidad Tecnológica del Magdalena, 1972. pp 28-31. (Conferencia mimeografiada).
11. GUERRERO, R. Fertilización del pasto elefante Pennisetum purpureum Schum en Turrialba, Costa Rica. 1. Dosis creciente de nitrógeno. Turrialba, (20(1): 53-58. 1970.
12. HEADY, E. y DILLON, J. Agricultural production funtions. Iowa, State University Press, 1961. pp 475-525.
13. HOVELAND, C. Effect of management on yield and quality of sudax Sorghum-Sudan hybrid and gahi - 1. Pearl millet. Auburn University. Agricultural Experiment Station, Leaflet 76. 1967. 7p.
14. ILGIN, W. Experimento sobre abono de plantas forrajeras en un suelo rojo laterítico. Agronomía Tropical (Venezuela), 8 (1) : 17-25, 1958.

15. JIMENEZ, M. Ensayo de fertilización en sorgo forrajero Sorghum vulgare Pers en la zona del pacífico norte. Tes. Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, 1966. 53p.
16. JIRON, M. Ensayo de fertilización de sorgo forrajero Sorghum vulgare Pers en el cantón central de Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Tes. Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, 1964. 68p.
17. KORNERUP, J. El cultivo del sorgo. Agricultura Tropical. Bogotá; 20(4): 12, Abr., 1968.
18. QUENBY, J. Grain sorghum proction in Texax. Texax A. & M. University. Agricultural experiment Station. Bulletin 912. 1968. 35p.
19. ROY, R. and WRIGHT, B. Sorghum growth and nutrient uptake in relation to soil fertility, N, P and K, uptake pattern by various plant parts. Agronomy journal. (66): 5-10, Jan - feb., 1974
20. RIVERA, J. Efecto de la fertilización en la producción de materia verde, en dos variedades de sorgo forrajero. Tes. Ing. Agr. Managua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, 1967. 48p. (Mimeografiado).
21. SANCHEZ, P. Nitrogen fertilization. A review of soil research in tropical Latin America, realeigh. North Carolina, State University, 1972. pp 141-144.
22. TISDALE, L. y NELSON, W. Soil fertilizants and fertilizers. 2a. ed. New York, MacMillan, 1966. pp 307-338.
23. VOISIN, A. Leyes científicas en la aplicación de los abonos. Madrid, Tecnos, 1964. 150p.
24. WALTON, E. y HOLT, O. Cosechas productivas. Traducido por Angel Zamora de la Fuente. 1962. pp 261-322.
25. ZELAYA, H. y BAREA, F. Fertilización nitrogenada en sorgo forrajero (Sorghum vulgare Pers) y su optimización económica. Turrialba, Costa Rica. 23(4): 432-437, Oct. - Dic., 1973

APENDICE

Análisis estadísticos para la producción del cultivo de sorgo en kilogramos por parcela.

$$FC = \frac{(126)^2}{20} = 739,8$$

Suma de cuadrados

$$S.C. \text{ Bloques} = \frac{(30,5)^2 + (34)^2 + \dots + (29)^2}{5} - Fc$$

$$S.C.B. = 2,90$$

$$S.C. \text{ Trat.} = \frac{(21) + (27,5) + \dots + (23,5)^2}{4} - Fc$$

$$S. C. T. = 14,20$$

$$S. C. \text{ Total} = 23,7$$

$$S.C. \text{ Error} = S.C. \text{ Total} - (S.C. \text{ Trat.} + S.C. \text{ Bloques})$$

$$S.C.E. = 23,7 - (14,20 + 2,90)$$

$$S.C.E. = 6,60$$



Análisis estadísticos para la producción del cultivo de sorgo en kilogramos por hectárea.

$$F_c = \frac{(87499)^2}{20} = 382803750$$

Suma de cuadrados

$$S.C.B. = \frac{(21180,2)^2 + (23610,8)^2 + \dots + (20138,8)^2}{5} - F_c$$

$$S.C.B. = 1398410,4$$

$$S.C.T. = \frac{(14583,1)^2 + (19097,0)^2 + \dots + (16319,2)^2}{4} - F_c$$

$$S.C.T. = 6848099,5$$

$$S.C. \text{ Total} = (2777,7)^2 + (4513,8)^2 + \dots + (3125,0)^2 - F_c$$

$$S.C. \text{ Total} = 11429351,8$$

$$S.C. \text{ Error} = S.C. \text{ Total} - (S.C.T. + S.C.B.)$$

$$S.C. \text{ Error} = 11429351,8 - 8246509,9$$

$$S.C. \text{ Error} = 106047008,1$$

La siguiente función de producción se utilizó para obtener el nivel de ni
trógeno que produciría el mayor rendimiento en kilogramos por hectárea eses
perado.

$$Y = a + bx + cx^2$$

Donde : Y = Rendimiento de grano en kg ha.

x = Dosis de nitrógeno en kg ha.

$$Y = a_n + b x + c x^2 \quad (1)$$

$$xy = a x + b x^2 + c x^3 \quad (2)$$

$$x^2 y = a x^2 + b x^3 + c x^4 \quad (3)$$

$$a = 5,391670$$

$$b = 0,0377139$$

$$c = -0,00020458$$

$$Y = 5,391670 + 0,0377139x - 0,00020458x^2$$

El óptimo físico se encontró igualando a cero la primera derivada de la función de producción :

$$Y = a + bx + cx^2$$

$$\frac{dy}{dx} = 0,0377113 - 0,000409168X$$

$$0,377113 - 0,000409168X = 0$$

donde : $X = 92,16$ kilogramos por hectárea (óptimo físico).

Dosis óptima de nitrógeno, con la cual se espera obtener el mayor beneficio, con relación a los costos variables (fertilizante y producción) y resolviendo por X.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{cx}{cy}$$

$$- 0,000409168X - 0,0377113 = \frac{70}{18.700}$$

X = 83 kilogramos por hectárea (óptimo económico).

Cálculos de los Ingresos Netos :

Y = Mejor producción con relación al fertilizante.

PY = Precio de la producción por kilogramos.

X = Optimo económico del fertilizante.

Px = Precio del fertilizante por kilogramos.

CF = Costos fijos por hectárea.

IN = YPY - XPx - CF

IN = \$ 71.488 por hectárea.